

La entrada en vigencia del documento es a partir de la fecha indicada en "Firmado por SIAD", salvo expresa indicación posterior en el documento.

CÓDIGO CNEA	MD-CAREM25XT-37-B0700-r2
CÓDIGO EXTERNO	
TÍTULO	Segundo Sistema de Extinción
FIN PREVISTO	VÁLIDO PARA REVISION EXTERNA
MOTIVO DE LA EMISIÓN	Modificación conforme avance de ingeniería y acorde a IN-CAREM25X-6
PERMISO DE USO	USO INTERNO
GESTIONADO EN	SIAD
ARCHIVO DIGITAL	MD-CAREM25XT-37-r2.pdf

COPIAS CONTROLADAS	
Copia N°	
Distribuyó:	(Firma y fecha)
Recibió:	(Firma y fecha)

	Proyecto CAREM PROCESOS	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2
	Memoria Descriptiva	Página: 1 de 29

TÍTULO: Segundo Sistema de Extinción.
1. OBJETIVO

El objeto de la presente memoria descriptiva es describir el Segundo Sistema de Extinción (SSE), conforme al diagrama de procesos [13], de forma tal de explicitar sus funciones, criterios de diseño y presentar el dimensionamiento de equipos y líneas principales.

1.1 RESUMEN

El SSE tiene como función principal inyectar una solución de absorbente químico de neutrones al circuito primario a fin de extinguir el reactor, para todo EPFM y mantener el núcleo del reactor subcrítico como condición necesaria para alcanzar el ES y el ESF. El modo de descarga es por gravedad desde un tanque elevado. Para ello se cuenta con un tanque de almacenamiento del veneno neutrónico en modo sólido. El control de temperatura se realiza mediante resistencias eléctricas, mientras que el control de la presión se realiza con un presurizador ubicado por encima del tanque de almacenamiento que operará en condiciones de equilibrio líquido – vapor, siguiendo en todo momento en el que el sistema se encuentre habilitado, la presión consigna del RPR.

El control de presión-temperatura en el presurizador se realiza por medio de resistencias eléctricas para calentar o inyección de solución del tanque de almacenamiento para enfriar. El veneno neutrónico utilizado es ácido bórico enriquecido en B¹⁰.

1.2 SÍNTESIS DE LAS CONCLUSIONES

El sistema se diseñó siguiendo los lineamientos de [7], [8], [9], [10].

Preparó		Revisó			Intervino calidad	Aprobó
Alan Jensen		Matias Corna			Justo González Litardo	Fernando Venanti

REVISIONES

Rev.	Fecha	Modificaciones
2	07/08/2020	Revisión de los documentos afectados por el siguiente documento [47].
1	20/12/2019	Revisión de los documentos afectados por la revisión del siguiente documento [44].
0	02/05/2019	Emisión inicial

FECHA DE VIGENCIA / FIN PREVISTO: INMEDIATA

COPIAS CONTROLADAS	ESTADO DEL DOCUMENTO
Copia N°: Distribuyó: Recibió: (firma y fecha)	Los campos "Estado del Documento" y "Fin Previsto" verificados por sistema, deben ser identificados en las copias controladas. Sólo es válido el documento en los sistemas de información CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA - Este documento es propiedad de CNEA y se reserva todos los derechos legales sobre él. No está permitida la explotación, transferencia o liberación de ninguna información en el contenido, ni hacer reproducciones y entregarlas a terceros sin un acuerdo previo y escrito de CNEA.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 2 de 29
-------------	-------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

INDICE

1. OBJETIVO	1
1.1 RESUMEN	1
1.2 SÍNTESIS DE LAS CONCLUSIONES	1
2. ALCANCE	4
3. ABREVIATURAS Y DEFINICIONES	4
3.1 ABREVIATURAS	4
3.2 DEFINICIONES	4
4. REFERENCIAS	4
4.1 ANTECEDENTES	4
4.2 DOCUMENTACIÓN APLICABLE	5
4.3 DOCUMENTACIÓN AFECTADA	7
5. RESPONSABILIDADES	7
6. DESARROLLO	7
6.1 BASES DE DISEÑO	7
6.1.1 Funciones del sistema [10], [34]	7
6.1.1.1 Función ante operación Normal	7
6.1.1.2 Función ante arranque y parada	7
Funciones en transiciones entre estados operativos	7
6.1.1.3 Función ante Eventos Inicianes	7
6.1.2 Criterios de diseño	7
6.1.2.1 De Seguridad Nuclear	7
6.1.2.2 De Procesos	8
6.1.2.3 De mecánica	8
6.1.3 Consideraciones de diseño	8
6.1.3.1 Consideraciones de redundancia de equipos y componentes	8
6.1.3.2 Consideraciones de Procesos	8
6.1.3.3 Consideraciones para el Lay Out	9
6.1.3.4 Consideraciones en el Funcionamiento continuo/discontinuo del sistema/subsistema	10
6.1.3.5 Consideraciones para el tendido de cañerías	10
6.1.3.6 Consideraciones para el equipamiento utilizado	11
Consideraciones para protección de equipos y cañerías	12
6.1.3.7 Consideraciones de venteos y drenajes del sistema	12
6.1.3.8 Consideraciones de I&C	12
6.1.3.9 Consideraciones de Electricidad	12
6.1.3.10 Consideraciones Operativas	13
6.2 CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA Y SUS COMPONENTES	13

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 3 de 29
-------------	-------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

6.2.1	Clasificación de Seguridad.....	13
6.2.2	Clasificación Mecánica	14
6.3	Descripción del sistema	14
6.3.1	Generalidades	14
6.3.2	Descripción y Funcionamiento del Sistema.....	15
6.3.2.1	Circuito de ecualización de presiones y descarga del SSE	15
6.3.2.2	Circuito de tomamuestra	16
6.3.2.3	Circuito de Homogeneización y extracción de solución borada	16
6.3.2.4	Equipos.....	17
6.3.3	Lay-out.....	18
6.3.4	Interacción del sistema con otros sistemas.....	19
6.4	Instrumentación del sistema	19
6.4.1	Sensores.....	19
6.4.2	Válvulas actuadas	19
6.4.3	Válvulas de seguridad y alivio	19
6.4.4	Otros instrumentos.....	19
6.5	Control del sistema	20
6.5.1	Protecciones y alarmas	20
6.5.1.1	Lógicas de enclavamiento	20
6.5.2	Lógicas de control, operación y monitoreo	20
6.5.2.1	Actuación del SSE	21
6.5.2.2	Control de temperatura en 0700-BR-001	21
6.5.2.3	Control de homogenización:.....	21
6.5.2.4	Control de presión del presurizador:.....	22
6.5.2.5	Tomamuestra de la solución de ácido bórico	22
6.5.2.6	Control de volumen	22
6.5.2.7	Prueba de las válvulas de disparo en la línea descarga del SSE	23
6.5.2.8	Vaciado total de los tanques presurizador y de almacenamiento de solución borada	24
6.5.2.9	Carga del SSE	24
7.	CONCLUSIONES, OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES.....	26
7.1	CONCLUSIONES	26
7.2	OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES	26
8.	REGISTROS.....	26
9.	ANEXOS.....	26

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 4 de 29
-------------	-------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

2. ALCANCE

El alcance del presente documento corresponde a la Ingeniería Básica referente al Segundo Sistema de Extinción. Las siguientes son las áreas sobre los que tiene alcance el documento:

1. Gerencia de Ingeniería (Gerencia de Área CAREM).
2. Mecánica
3. Lay Out
4. Instrumentación y Cableado
5. Control y Tecnologías
6. Procesos
7. Seguridad Nuclear

3. ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

3.1 ABREVIATURAS

EEAA: Elementos absorbentes
EIPU: Evento Iniciante Postulado Único
EP: Evento Postulado.
EPFM: Evento Postulado de Fallas Múltiples
ES: Estado Seguro.
ESF: Estado Seguro Final.
GV: Generador de Vapor
GGVV: Generadores de Vapor
HS: Hand Switch
I&C: Instrumentación y Control
MSER: Mecanismos del Sistema de Extinción Rápida
PS: Pileta Supresora de Presión
PSE: Primer Sistema de Extinción
PRP: Pérdida de Refrigerante del Primario
PSPR: Primer Sistema de Protección del Reactor.
RPR: Recipiente de Presión del Reactor.
SCM: Sistema de Control de Monitoreo.
SIS: Sistema de Inyección de Seguridad.
SSE: Segundo Sistema de Extinción.
SSECR: Sistema de Seguridad de Extracción de Calor Residual
SSPR: Segundo Sistema de Protección del Reactor.
I&C: Instrumentación y Control
PCAMN: Parada Caliente Modo Normal

3.2 DEFINICIONES

No aplicable.

4. REFERENCIAS

4.1 ANTECEDENTES

- [1] Eliminada.
- [2] Eliminada.
- [3] EXT-CAREM25S-8-r0: Segundo Sistema de Extinción: simulación y análisis del acople con el sistema primario ante un accidente de inserción de reactividad.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 5 de 29
-------------	-------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

[4] Cohen Paul, "Water Coolant Technology of Power reactors", ANS, 1980, pág. 221.

4.2 DOCUMENTACIÓN APLICABLE

- [5] A.R 3-4-2-r1: Sistemas de extinción para centrales nucleares de potencia.
- [6] CD-CAREM25G-1-r2: Criterios de diseño de la Central Nuclear Prototipo CAREM-25.
- [7] CD-CAREM25S-1-r4: Principios y criterios generales de Seguridad Nuclear aplicables al diseño del Prototipo del Reactor CAREM25.
- [8] CD-CAREM25S-2-r5: Criterios de clasificación general de estructuras, sistemas y componentes.
- [9] CD-CAREM25S-3-r2: Criterios aplicables a la estrategia general para el cumplimiento de las funciones Fundamentales de Seguridad ante Eventos Inicianes Postulados.
- [10] CD-CAREM25S-4-r1: Criterios de diseño del Segundo Sistema de Extinción (Sistema 0700) relativos a Seguridad Nuclear.
- [11] CD-CAREM25M-2-r2: Criterios Básicos para la Construcción de Componentes de acuerdo a su Clasificación mecánica.
- [12] MD-CAREM25M-16-r4: Clase de cañerías.
- [13] DF-CAREM25XT-41-r1. Segundo Sistema de Extinción - Diagrama de Procesos.
- [14] CL-CAREM25XT-173-r1: Balance de Masa y Energía y Dimensionamiento de Líneas Principales del Segundo Sistema de Extinción.
- [15] PDI-CAREM25XT-79-r2: Segundo Sistema de Extinción. Diagrama de cañerías e instrumentos.
- [16] HD-CAREM25XT-212-r1: Equipos rotantes del Segundo Sistema de Extinción: 0700-AB-001 I/II.
- [17] HD-CAREM25XT-213-r0: Intercambiadores de calor del Segundo Sistema de Extinción: 0700-BI-001.
- [18] HD-CAREM25XT-214-r0: Tanques de almacenamiento de ácido bórico del Segundo Sistema de Extinción: 0700-BR-001.
- [19] Eliminada.
- [20] HD-CAREM25XT-216-r0: Resistencia Calefactora del Segundo Sistema de Extinción: 0700-BQ-001.
- [21] HD-CAREM25XT-217-r0: Resistencia Calefactora del Segundo Sistema de Extinción: 0700-BQ-002 I/II.
- [22] HD-CAREM25XT-215-r0: Tanques presurizadores del Segundo Sistema de Extinción: 0700-BR-002.
- [23] IN-CAREM25S-28-r4: Parámetros de disparo de los sistemas de seguridad del reactor CAREM.
- [24] PDI-CAREM25XT-7-r1: Sistema de producción y almacenamiento de solución de ácido bórico para el SSE. Diagrama de cañería e instrumentos.
- [25] MD-CAREM25XT-5-r1: Sistema de Producción y Almacenamiento de Solución de Ácido Bórico para el SSE.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 6 de 29
-------------	-------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

- [26] CL-CAREM25XT-174-r0: Válvulas de alivio del Segundo Sistema de Extinción.
- [27] CL-CAREM25XT-175-r0: Resistencias calefactoras del Segundo Sistema de Extinción.
- [28] CL-CAREM25XT-178-r0: Estimación de Perdida de carga en la línea de descarga y ecualización.
- [29] PDI-CAREM25XT-32-r3: Sistema de refrigeración de componentes – PDI Distribución y retorno - Dentro de contención.
- [30] CL-CAREM25XT-177-r1: Equipos rotantes del Segundo Sistema de Extinción: 0700-AB-001.
- [31] IN-CAREM25S-85-r2: Cálculo del volumen neto a inyectar de solución borada del Segundo Sistema de Extinción (Sistema 0700).
- [32] PO-CAREM25XT-9-r0: Elaborados de Procesos.
- [33] PO-CAREM25XT-10-r0: Procedimiento para la elaboración de Memorias Descriptivas.
- [34] CD-CAREM25S-12-r4: Asignación de clasificación de seguridad a estructuras, sistemas y componentes.
- [35] CL-CAREM25XT-179-r0: Dimensionamiento del distribuidor de vapor y de la línea de descarga de las válvulas de alivio del sistema 0700.
- [36] HD-CAREM25XT-219-r0: Distribuidor de vapor del Segundo Sistema de Extinción: 0700-BD-001.
- [37] IN-CAREM25S-105-r0: Evaluación del incremento máximo de volumen y nivel de mezcla en el RPR ante eventos de fallas en el sistema secundario con éxito del PSE.
- [38] IN-CAREM25XT-9-r0: Sistema 700 – Respuestas al Informe de Revisión Crítica de Ingeniería Básica.
- [39] HD-CAREM25XT-220-r2: Datos de Procesos para Instrumentación.
- [40] IN-CAREM25S-115-r0: Requerimientos específicos a tener en cuenta para la ingeniería del SSE.
- [41] MD-CAREM25R-13-r1: Estados Operativos del Reactor CAREM.
- [42] IN-CAREM25N-47-r0: Análisis de diferentes concentraciones de B en el núcleo por actuación del segundo sistema de extinción considerando distintas posiciones de barras.
- [43] IN-CAREM25S-110-r0: Requerimientos de Monitoreo de Parámetros Importantes para la Seguridad.
- [44] IN-CAREM25X-6-r1: Eliminación de redundancia del Segundo Sistema de Extinción – Justificación del cambio en el SSE.
- [45] SCD-CAREM25X-4-r0: Eliminación de redundancia del Segundo Sistema de Extinción – Sistema 0700.
- [46] GDI-CAREM25XT-1-r1: Guía de diseño para la ejecución de diagramas PDI.
- [47] SCD-CAREM25XT-27-r0: Modificación del diseño de los orificios de restricción en las líneas de homogeneización y despresurización del sistema 0700.
- [48] GDI-CAREM25XT-2-r0: Guía de diseño de procesos.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 7 de 29
-------------	-------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

4.3 DOCUMENTACIÓN AFECTADA

El presente documento supera a la revisión 1 de éste.

5. RESPONSABILIDADES

La responsabilidad de la elaboración, emisión y revisión del presente documento corresponde a **Procesos**.

6. DESARROLLO

6.1 BASES DE DISEÑO

6.1.1 Funciones del sistema [10], [34]

6.1.1.1 Función ante operación Normal

El SSE tiene por función principal inyectar una solución de absorbente químico de neutrones al circuito primario de refrigeración con el fin de extinguir el reactor, para todo Evento de Diseño Línea Diversa y mantener el núcleo subcrítico, como condición necesaria para alcanzar el Estado Seguro y el Estado Seguro Final.

Durante operación normal, el SSE se encuentra disponible en el caso de que sea demandado por el SSPR ante un EPFM. Las lógicas de disparo del SSE se detallan en [23].

6.1.1.2 Función ante arranque y parada

Durante los estados operativos en donde el reactor se encuentre crítico el sistema **se encuentra debe estar** disponible en caso de que sea demandado por el SSPR ante un EPFM, por lo que debe mantener el valor de presión consigna designado para el estado operativo alcanzado[41].

El SSE no se encuentra habilitado cuando el reactor este en modo sólido.

Funciones en transiciones entre estados operativos

~~Durante las transiciones de los siguientes estados operativos en los cuales el reactor se encuentre crítico, el sistema debe estar disponible en caso de que sea demandado por el SSPR ante un EPFM por lo que debe seguir la consigna de presión del RPR en todas las transiciones.~~

6.1.1.3 Función ante Eventos Inicianes

El SSE deberá cumplir con la función de extinción del reactor, para todo EIPU con falla de la función de extinción por parte del sistema de barras absorbentes (EPFM), y mantener el núcleo subcrítico, como condición necesaria para alcanzar el Estado Seguro y el Estado Seguro Final, en cumplimiento con lo requerido por la Autoridad Reguladora en el criterio 7 de la norma AR 3.4.2 [5].

6.1.2 Criterios de diseño

~~El diseño del SSE se realizará de acuerdo con los criterios y consideraciones que se enuncian a continuación.~~

6.1.2.1 De Seguridad Nuclear

El diseño del sistema cumple con los criterios de seguridad que se encuentran en las referencias [8], [10] y [34].

~~Los criterios de seguridad del sistema se encuentran listados en el documento[10].~~

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 8 de 29
-------------	-------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

6.1.2.2 De Procesos

El diseño del sistema se encuentra realizado conforme las guías de diseño de procesos [46] y [48].

1. El tanque presurizador **deberá tener** un volumen de solución líquida de veneno neutrónico equivalente al del acumulador para que se minimice la condensación de vapor del RPR durante la inyección de la solución borada del acumulador.
2. El sistema **deberá** asegurar la homogeneidad de la solución líquida de veneno neutrónico en los tanques de almacenamiento, verificar la concentración de este por medio de un sistema de muestreo, y permitir el enfriamiento en forma coincidente con el enfriamiento del Recipiente de Presión del Reactor (RPR) durante la secuencia de parada.
3. El sistema **deberá contar con válvulas de seguridad y las líneas de descarga deberán ir hacia la PS.**

6.1.2.3 De mecánica

El diseño del sistema cumple con los criterios de mecánica que se encuentran en [11].

6.1.3 Consideraciones de diseño

A continuación, se listan las consideraciones tomadas en el diseño para cumplir los criterios de diseño especificados anteriormente.

6.1.3.1 Consideraciones de redundancia de equipos y componentes

La redundancia se realiza a nivel de componentes activos como es requerido en el criterio de seguridad número 4 [10].

6.1.3.2 Consideraciones de Procesos

1. Para cumplir con los criterios de diseño de seguridad números 5 y 6 [10], al demandarse este sistema, la inyección de solución líquida de veneno neutrónico se realiza por gravedad por medio de un tanque ubicado por sobre el nivel de líquido del reactor, donde las válvulas de ecualización y de descarga son activadas por el SSPR y no necesita acción ni suministro externo luego de la demanda.
2. **Para cumplir con el criterio 7 de [10]** el veneno neutrónico que se empleará será ácido bórico enriquecido en el isótopo B¹⁰. La concentración de esta solución **generará** una reactividad negativa [42] dentro del reactor.
3. Para cumplir con el criterio de diseño de seguridad número 8 y 13 [10], se diseña un presurizador (0700-BR-002) con resistencias eléctricas que **en conjunto con una línea de solución fría (200 °C)** mantienen la Temperatura de saturación a la presión consigna del RPR, para minimizar el consumo de vapor en el domo del RPR cuando comience la fase de ecualización de presión.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 9 de 29
-------------	-------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

4. Para cumplir con los criterios de diseño de seguridad número 9 y 11 [10], se mantendrá la solución de veneno neutrónico a 200°C en el tanque (0700-BR-001), para minimizar el eventual consumo de vapor del domo cumpliendo los criterios 8 y 9 [10] y además reducir las tensiones térmicas en la penetración del RPR permitiendo a su vez una mejor disolución del veneno neutrónico. A su vez esta temperatura evita el efecto de “flashing” en caso de pérdida de refrigerante. Cuando el reactor esté en transición a parada fría u otra situación con temperatura menor a 260 °C, la solución de ácido bórico en el acumulador mantendrá una temperatura de 40 °C por debajo a la del RPR, para evitar “flashing”. También, se prevé que las cañerías de ecualización se encuentren aisladas para minimizar la condensación en las paredes del tramo debido a la pérdida de calor.
5. Para cumplir con el criterio El tiempo de descarga debe comprenderse entre el tiempo descrito en el inciso 8, 9 de los criterios de diseño 10 de seguridad [10] y los requerimientos además de los criterios expuestos en [40]. En base a esto el Área Técnica de Procesos se postula la incorporación incorporará un elemento restrictor de flujo en la línea de descarga, para cumplir con los tiempos solicitados teniendo como objetivo el tiempo requerido en el inciso 10 de [10].
6. Para cumplir con el criterio 19 de [10] las válvulas de ecualización y de disparo tendrán el modo de falla abierto.
7. Para cumplir con el criterio 25 de [10] el SSE debe contar con pruebas periódicas para mejorar la disponibilidad del sistema. En el caso de ocurrir una demanda del sistema mientras se realiza una prueba periódica, la prioridad deberá ser la extinción del reactor.
8. Para cumplir con el criterio 2 de Procesos se cuenta con dos bombas de recirculación, una titular y otra a la espera, que permiten la homogeneización. También se cuenta con un intercambiador de calor que permite enfriar la solución del tanque acumulador y enfriar el muestreo, que se hará de forma manual.
9. Para cumplir con el criterio 3 de Procesos el sistema contará con una serie de válvulas de seguridad para proteger distintos componentes. Se cuenta con una válvula de alivio para proteger el tanque acumulador y el presurizador (0700-BR-001/002). Otra válvula sobre el pase de contención que va hacia el sistema 1650 y sirve para proteger el cierre de contención [24][25]. También hay otra sobre la línea proveniente del sistema 1650 que sirve para proteger el pase de contención y componentes del sistema 0700 que quedan bloqueados ante un EP y por último sobre la línea de agua de enfriamiento, para proteger los componentes sobre esta ante el bloqueo de las válvulas de suministro y retorno de agua. Además, las líneas de descarga de las válvulas de seguridad del sistema irán hacia la PS, las cuales contienen distribuidores de vapor para favorecer el proceso de condensación del vapor aliviado [15], [26].

6.1.3.3 Consideraciones para el Lay Out

1. Para cumplir con el criterio 15 de [10] las válvulas (XV-10110 y XV-10210) de la línea de ecualización de presión se ubicarán lo más cercana posible al presurizador 0700-BR-002 y sobre la conexión del recipiente para que el posible condensado pueda drenar en forma natural a 0700-BR-002 [15]. Además, se deben evitar la presencia de líquido en las líneas de vapor, por lo que el piping debe tener en cuenta que, en caso de condensación de vapor en las mismas, se drenen hacia el reactor.
2. Para garantizar los tiempos de descarga requeridos el presurizador 0700-BR-002 debe encontrarse por encima del tanque 0700-BR-001 y ambos equipos deben estar instalados

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 10 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

a un nivel superior al del nivel de líquido del RPR en conjunto con el orificio de restricción (FO-10025). La Cañería que conecta a ambos recipientes no podrá tener accesorios.

3. Se deben contemplar, dentro de los recintos, el lugar necesario para realizar las operaciones de montaje y mantenimiento de los equipos.
4. En las cañerías de las líneas de descarga de las válvulas de alivio del sistema, las cuales descargan el vapor en la piletta de Supresión, se deben evitar los puntos bajos que pudiera acumular condensado.

6.1.3.4 Consideraciones en el Funcionamiento continuo/discontinuo del sistema/subsistema

~~El SSE estará disponible, a la presión consigna del sistema primario, en los estados operativos en los que el reactor se encuentre crítico[41].~~

~~El SSE se encontrará no habilitado cuando el reactor se encuentra en modo sólido.~~

6.1.3.5 Consideraciones para el tendido de cañerías

1. El SSE operará mediante descarga por gravedad de una solución de líquido de veneno neutrónico desde un tanque ubicado a una altura que permita un tiempo de descarga adecuado según lo expuesto en [10][40].
2. La línea de ecualización debe tener pendiente hacia el presurizador y hacia el RPR sin puntos bajos para que el condensado drene hacia esos equipos evitando que en el momento que sea demandado el sistema ocurra flujo reverso cumpliendo el criterio 15 [10].
3. Se debe minimizar la distancia entre las válvulas de disparo (descarga) y bloqueo para disminuir, todo lo posible, el ingreso de solución de veneno neutrónico al RPR del volumen que queda retenido en ese tramo durante las pruebas periódicas del sistema.
4. La línea de derivación a la succión de las bombas debe conectarse lo más cerca posible del cuadro de válvulas de disparo (descarga), para favorecer el mezclado de la solución borada en las cañerías y evitar puntos estancos en las mismas.
5. Las líneas de descarga de PSVs deberán tener pendiente hacia la PS, para favorecer sus drenajes hacia la PS.
6. Para el diseño de tendidos de líneas y soportes se deberán considerar los siguientes eventos en todos los estados del reactor:
 - Líneas de agua del primario y de solución borada:
 - Cierre espurio de cualquier válvula del sistema en forma individual, considerando que las válvulas dentro de contención (actuadas eléctricamente) tendrán un tiempo de cierre "instantáneo".
 - Pérdida de suministro eléctrico y apagado espurio de bomba.
 - Rotura de línea de procesos.

- Otras consideraciones:

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 11 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

- Considerar que las líneas del sistema y equipos seguirán una rampa de temperatura similar al del RPR tanto en arranque como en parada del reactor.
- Considerar que las líneas de reposición de solución borada provenientes del sistema 1650 se encuentran frías (40 °C) al igual que la salida del intercambiador de calor 0700-BI-001.
- Generación de vacío (considerar vacío absoluto de manera conservativa) debido a variación de densidad del fluido en líneas del sistema de acondicionamiento (circuito de bomba e intercambiador de calor) por funcionamiento discontinuo.
- Líneas de agua de enfriamiento:
 - Cierre espurio de cualquier válvula del sistema en forma individual, considerando que las válvulas dentro de contención (actuadas eléctricamente) tendrán un tiempo de cierre “instantáneo”.
 - Pérdida de suministro eléctrico y apagado espurio de bombas de sistema 2100.
 - Rotura de línea de procesos.

Nota: Se deberá analizar en conjunto con el resto del sistema 2100. En particular para lo relacionado al sistema 0700 considerar los siguientes eventos en todos los estados del reactor.

6.1.3.6 Consideraciones para el equipamiento utilizado

1. Para cumplir con los requerimientos del sistema se utilizan válvulas actuadas on-off, tanque de almacenamiento de la solución de veneno neutrónico, tanque presurizador, 2 bombas de desplazamiento positivo para la recirculación de la solución borada, intercambiador de calor y dispositivo de reducción de presión para tomar muestra del sistema. Los materiales de estos deben estar de acuerdo con las condiciones del servicio y tipo de fluido[12].
2. Para el control de presión del presurizador 0700-BR-002 se debe considerar un tramo de línea que entre por el domo de vapor para evitar el desacople de presión entre el domo y la presión de saturación del líquido de este.
3. Consideraciones particulares:
4. Para el 0700-BI-001 se deberá contemplar los ciclos de calentamiento/enfriamiento de tubo interno del equipo de acuerdo con el modo de funcionamiento discontinuo del mismo y la generación de vacío en tubo interno (considerar vacío absoluto de manera conservativa) debido a variación de densidad del fluido luego de bloqueado el equipo.
5. Para los 0700-BR-001 y 0700-BR-002 se deberá contemplar los ciclos de calentamiento/enfriamiento de los equipos en condiciones de apagado y encendido del Reactor y la generación de vacío (considerar vacío absoluto de manera conservativa) debido a falla de resistencias eléctricas y enfriamiento de los recipientes.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 12 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

Consideraciones para protección de equipos y cañerías

El presurizador 0700-BR-002 que está conectado al 0700-BR-001, contará con una válvula de alivio para su protección contra sobre presurización, la cual descarga en la PS.

La línea de descarga al sistema 1650 y toma muestra estarán protegidas por una válvula de seguridad instalada en el cruce de contención.

6.1.3.7 Consideraciones de venteos y drenajes del sistema

1. Se prevé drenajes y venteos manuales para mantenimiento de los equipos del sistema que se envían al Sistema 2210. Además, se prevé toma de muestra a través del Sistema de producción y almacenamiento de solución de ácido bórico SSE (1650).
2. El presurizador 0700-BR-002 cuenta con dos válvulas de venteo en serie de actuación manual remota (XV-10131/10231) y un orificio de restricción (FO-10032) que permiten, en caso de requerirse, la purga de gases no condensables hacia los recipientes 2210-BR-001/I/II y conducción al sistema 2210.

Las válvulas de alivio PSV-10013/10043/10045 deben descargar en la PS y lo hacen a través de un distribuidor de vapor para favorecer la condensación. Estos venteos deben tener pendiente hacia la PS.

6.1.3.8 Consideraciones de I&C

1. Para cumplir con el criterio 17 de [10] el SSE será demandado por el Segundo Sistema de Protección del Reactor (SSPR).
2. Para cumplir con el criterio 18 de [10] se deberá contar con un sistema de monitoreo de parámetros importantes para la seguridad y que permitan determinar el estado del sistema mientras el mismo se encuentra "a la espera". También estos parámetros junto con el estado de válvulas del sistema deberán reportarse en sala de control y de control de emergencia luego de la demanda del sistema.
3. La instrumentación de la contención debe soportar las condiciones correspondientes al nivel de profundidad ante evento que es especificado en el documento [39].
4. Se deberá prever cableado independiente para las mediciones B-2 redundadas.

6.1.3.9 Consideraciones de Electricidad

1. Para cumplir con el criterio 19 de [10] las válvulas conectadas al SSPR deberán tener suministro eléctrico ininterrumpible, como así también la instrumentación que determina el estado del sistema.
2. Se deberá disponer de un suministro ininterrumpible con requerimiento mínimo de autonomía para aquellos elementos y equipos del sistema que sean requeridos para fines de seguridad y disponibilidad.
3. Tanto el tanque de almacenamiento de solución borada 0700-BR-001 como el presurizador 0700-BR-002 tendrán resistencias extras de reservas que no deben conectarse al suministro eléctrico.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 13 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

6.1.3.10 Consideraciones Operativas

6.1.3.10.1 Parámetros de operación

Para cumplir con los requerimientos enunciados en 6.1.2 y lo indicado en [31] se elige la opción de contener la solución borada al 4% p/p enriquecido en B10 operando a 200 °C y a la presión consigna del RPR (aproximadamente 12,25 MPa(a)).

El sistema debe asegurar la homogeneidad de la solución borada en los tanques de almacenamiento de esta, verificar la concentración de boro enriquecido, y permitir el enfriamiento en forma coincidente con el enfriamiento del Recipiente de Presión del Reactor (RPR) durante la secuencia de parada hasta que el sistema se deshabilite una vez que todas los EEAA se encuentren insertadas en el mismo[41].

Los parámetros de operación del Segundo Sistema de Extinción en estado de disponibilidad (espera) para disparo, cuando el reactor está en operación normal, son los siguientes:

Tanque de almacenamiento de ácido bórico (0700-BR-001)

- Concentración de ácido bórico: mínimo 3,95%, máximo 4,17% en peso de ácido bórico.
- Enriquecimiento del boro en B¹⁰: mínimo 96%.
- Volumen total: 1 m³.
- Volumen de líquido: 1 m³[31](tanque totalmente lleno, modo sólido).
- Temperatura: 200°C.
- Presión: 12,25 MPa(a).

Presurizador (0700-BR-002)

- Concentración de ácido bórico: mínimo 3,95%, máximo 4,17% en peso de ácido bórico.
- Enriquecimiento del boro en B¹⁰: mínimo 96%
- Volumen total: 1,5 m³
- Volumen de líquido: 1 m³
- Temperatura: 326 °C
- Presión: 12,25 MPa(a).

Los parámetros de operación durante los transitorios de calentamiento o enfriamiento son los siguientes:

- Rampa de calentamiento/enfriamiento diseño: $\pm 20^{\circ}\text{C/h}$.
- Rampa de calentamiento/enfriamiento máximo: $\pm 30^{\circ}\text{C/h}$.

Los parámetros de operación del sistema se encuentran en el balance de masa, energía y dimensionamiento de cañerías principales[14].

6.2 CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA Y SUS COMPONENTES

6.2.1 Clasificación de Seguridad

Las clases de seguridad de los sistemas y componentes se encuentran asignadas de acuerdo a su contribución a las funciones de seguridad a nivel básico y a la importancia de dichas funciones tanto en la prevención como en la mitigación de los eventos postulados [11], [34].

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 14 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

La clasificación de seguridad de los componentes se encuentra definida en la hoja de datos de procesos para instrumentación [39].

6.2.2 Clasificación Mecánica

- La envuelta de presión y penetración al RPR son clase mecánica 1 (M-1).
- Los pasajes de contención son clase mecánica 2 (M-2).
- El circuito de descarga y ecualización es clase mecánica 2 (M-2).
- El circuito de acondicionamiento de solución borada es clase mecánica NC (M-NC).
- La línea de descarga de todas las válvulas de alivio es de clase mecánica NC (M-NC).
- El circuito de descarga y ecualización debe ser diseñado para soportar sismo severo.

6.3 Descripción del sistema

6.3.1 Generalidades

El principio básico de funcionamiento del SSE consiste en la descarga de un veneno neutrónico de forma gravitatoria desde tanques elevados respecto al pelo de líquido del Recipiente de Presión del Reactor (RPR). El veneno neutrónico utilizado es ácido bórico enriquecido en B¹⁰. El tanque de almacenamiento de solución borada opera en modo sólido a una temperatura de 200 °C y a la presión consigna del RPR (12,25 MPa(a)). El control de temperatura del acumulador se realiza con resistencias eléctricas (0700-BQ-001). El aumento de presión se logra mediante un presurizador que se mantiene saturado a la presión consigna del RPR a través del uso de otras resistencias (0700-BQ-002) y para bajar la presión se cuenta con una pequeña línea en la fase vapor del presurizador (pequeño intercambiador) que se le hace circular, por medio de las bombas de homogenización (0700-AB.001 I/II) solución borada del acumulador.

De acuerdo con el grado de redundancia solicitado (criterio de falla única a nivel componente activo) el sistema está formado por una línea de compensación de presiones que conecta el domo del RPR con el tope del presurizador del SSE y una línea de descarga que conecta el fondo del acumulador con el RPR. Estas líneas contienen las válvulas de disparo redundadas del sistema que son accionadas por el SSPR. El disparo del SSE se hace simultáneamente sobre ambas redundancias.

A requerimiento del SSPR, el SSE descarga una cantidad adecuada de solución de veneno neutrónico, en los tiempos especificados por los criterios de diseño expresados en [10].

Se adopta como veneno neutrónico una solución de ácido bórico al 4% p/p, compuesto de boro enriquecido al 96% en B¹⁰, permitiendo así minimizar el volumen de los recipientes de descarga.

La concentración de la solución estará comprendida entre 3,95% - 4,17% p/p, valores mínimos y máximo respectivamente, para poder ser almacenada a temperatura ambiente indefinidamente (por encima de 15 °C).

El presurizador (0700-BR-002) opera en condiciones de equilibrio líquido-vapor, siguiendo la presión consigna del RPR. El control de presión-temperatura en el presurizador se realiza mediante resistencias calefactoras eléctricas (caso de requerirse aumento de presión) o inyección de solución borada fría (200 °C correspondiente al tanque de almacenaje o menor en caso de solución proveniente del intercambiador de calor, dependiendo del estado del RPR) cuando la presión en el RPR descienda.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 15 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

El tanque de almacenamiento (0700-BR-001) trabaja a la presión establecida por el presurizador y a una temperatura de 200 °C cuando el reactor está en condición de operación normal (temperatura mayor a 260 °C), en esta situación el control de temperatura será realizado de forma On-off con una banda de ± 3 °C de la temperatura de set (200 °C) a través de las resistencias calefactoras 0700-BQ-001, compensando la pérdida de calor por la ineficiencia de la aislación térmica.

Se garantizará un subenfriamiento mínimo de 40 °C para la inyección de solución borada para evitar el fenómeno de “flashing” cuando el reactor tenga una temperatura por debajo de 240 °C. El control de temperatura en el 0700-BR-001 será realizado por medio de recirculación de solución enfriada por 0700-BI-001, procurando mantener esa diferencia. Tanto en enfriamiento como en calentamiento del tanque de almacenamiento, las resistencias calefactoras 0700-BQ-001 trabajarán de manera on-off dentro de una banda, pero con set deslizante.

El intercambiador de calor solo toma una fracción de caudal para realizar el enfriamiento. Se prevén dos válvulas de regulación manual, para lograr la puesta a punto del sistema y verificar durante el comisionado del mismo, la temperatura de mezcla que confirme el correcto control por parte de las resistencias calefactoras.

Importante: Luego del comisionado y puesta a punto del sistema se deberán retirar los volantes de dichas válvulas manuales y garantizar por protocolos de seguridad que no sea alterado el grado de apertura de estas.

La facilidad para preparación, recuperación y almacenamiento de la solución de boro enriquecido será llevada a cabo por el sistema 1650 (sistema de producción y almacenamiento de ácido bórico – Sistema 0700) [25].

Finalmente, el sistema cuenta con caño de descarga de válvulas de Seguridad – dentro de la contención, con su respectivo distribuidor de vapor, el cual descarga el vapor en la PS. Además, esta línea de descarga cuenta con una válvula rompe vacío.

6.3.2 Descripción y Funcionamiento del Sistema

A continuación, se describe en detalle el funcionamiento del sistema y los diferentes equipos de este [15].

6.3.2.1 Circuito de ecualización de presiones y descarga del SSE

El circuito está conformado por un tanque de almacenamiento-presurizador que se conecta con el RPR por medio de dos líneas: una línea de ecualización y una línea de descarga.

Desde el domo del RPR (Y-13) se conecta la línea de ecualización de presión con el presurizador (0700-BR-002) en cuyo trayecto se emplazan las válvulas de ecualización de presión y tiene como función igualar las presiones de ambos recipientes durante el disparo del sistema.

Esta cañería contiene en su trayecto dos válvulas de bloqueo (XV-10110 y XV-10210) dispuestas en paralelo.

El tanque presurizador 0700-BR-002 se encuentra instalado sobre el tanque de almacenamiento de solución borada 0700-BR-001. Este último estará localizado en el nivel +5,20 m mientras que el presurizador estará en el nivel +10,00. En caso de demanda del SSE, el SSPR envía una señal hacia las válvulas actuadas que se encuentran en la línea de ecualización (señal de reaseguro de apertura) y las que se encuentran en la línea de descarga XV-10120 (señal de apertura) y XV-10220 (señal de reaseguro de apertura). De esta manera se produce la inyección de solución borada al RPR por gravedad.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 16 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

Cuando el sistema se encuentre en configuración “a la espera” estas válvulas de inyección y de ecualización permanecen cerradas, siendo habilitadas durante el disparo. Cada válvula de ecualización es del 100% de la capacidad requerida.

La línea de descarga líquida conecta el inferior del 0700-BR-001 con el RPR, a través de la conexión Y-14.

La línea de descarga cuenta, en su camino desde el fondo del tanque de almacenamiento hasta el RPR con: dos válvulas de bloqueo y dos válvulas de disparo. Las válvulas de bloqueo XV-10130 y XV-10230 están dispuestas en paralelo, normalmente abiertas, las mismas son cerradas únicamente durante las operaciones de prueba de las válvulas de disparo. Las válvulas de bloqueo están ubicadas aguas abajo de las válvulas de disparo.

Las válvulas de disparo XV-10120 y XV-10220 están cerradas durante la operación normal del reactor, son dos, conectadas en paralelo una sobre cada línea con válvula de bloqueo. Esta configuración, a pesar de que aumenta la pérdida de carga en la línea y la cantidad de accesorios, permite verificar el funcionamiento de las válvulas de disparo sin accionar el sistema.

Cada válvula es del 100% de la capacidad requerida-

Todas las válvulas aquí descriptas tienen posición de falla abierta.

Para la estimación de los caudales de descarga y de ecualización se igualaron el caudal volumétrico de entrada al SSE (caudal volumétrico de vapor) con el caudal volumétrico de salida del SSE (caudal volumétrico de líquido). Este caudal está determinado por los criterios de seguridad enunciados en [10][40], en el cual se establece que el tiempo de descarga sea de 600-700 segundos aproximadamente. Por lo tanto, el caudal volumétrico es de 0,0023 m³/s. En [28] se establece la pérdida de carga de las líneas para que se establezca este caudal.

Para cumplir con el tiempo de descarga establecido, se cuenta en la línea de descarga un elemento restrictor de flujo (orificio de restricción).

6.3.2.2 Circuito de tomamuestra

Para que el fluido pueda ser enviado a muestreo o al sistema 1650 (Sistema de Producción y almacenamiento de solución de ácido bórico - sistema 0700) para realizar el almacenamiento de un posible exceso de solución durante la secuencia de calentamiento, la solución borada debe ser enfriada por el 0700-BI-001 y la presión reducida por la válvula reguladora de presión PV-10015.

De esta manera se obtienen las condiciones necesarias en el fluido. La línea hacia el sistema 1650 luego de la válvula de bloqueo cuenta con una válvula de seguridad PSV-10013.

6.3.2.3 Circuito de Homogeneización y extracción de solución borada

Para la homogeneización de la solución del tanque de almacenamiento de solución borada 0700-BR-001 se utiliza la bomba de recirculación 0700-AB-001/I/II.

El sistema posee un conjunto de cañerías y equipos con las siguientes funciones operativas:

- Homogeneización del contenido del tanque de almacenamiento de ácido bórico 0700-BR-001.
- Reducción de presión en el presurizador 0700-BR-002 por medio de inyección de solución borada fría (en operación normal se encuentra a 200 °C), correspondiente al tanque de almacenamiento, o menor en caso de solución proveniente del intercambiador, dependiendo del estado del RPR) cuando se requiera.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 17 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

- Control de la extracción de solución borada del sistema hacia fuera de la contención con el objetivo de muestrear y/o controlar la masa a través del sistema 1650 (Sistema de Producción y almacenamiento de solución de ácido bórico - sistema 0700).
- Enfriamiento del sistema durante la parada.

6.3.2.4 Equipos

A continuación, se describen las características principales de los equipos que conforman el sistema.

6.3.2.4.1 Tanque de almacenamiento de ácido bórico 0700-BR-001

El tanque de almacenamiento de ácido bórico 0700-BR-001 opera en modo sólido, sin cámara de vapor.

El volumen del tanque es de 1 m³, totalmente lleno con solución ácido bórico al 4% p/p, compuesto de boro enriquecido al 96% en B¹⁰, cantidad que asegura el apagado del reactor en cualquier condición operativa del mismo.

En el interior del tanque se ubican las resistencias eléctricas 0700-BQ-001. Consta de 12 cartuchos que se insertan por debajo verticalmente. Estas resistencias calefactoras permiten llevar y mantener la solución borada a la temperatura de operación requerida de 200 °C.

El tanque de almacenamiento está conectado al presurizador 0700-BR-002.

A fin de minimizar las pérdidas de calor al ambiente el tanque de almacenamiento posee una aislación térmica [18].

6.3.2.4.2 Presurizador 0700-BR-002

El presurizador 0700-BR-002, acoplado al tanque de almacenamiento 0700-BR-001, tiene un volumen total de 1,5 m³. Trabaja con un volumen de líquido de 1 m³.

En el interior del tanque se ubican las resistencias eléctricas 0700-BQ-002, que están insertas dentro de este desde la parte inferior de manera vertical. Estas resistencias calefactoras permiten llevar y mantener la solución borada a la presión de operación del RPR, esto es alrededor de 12,25 MPa(a) cuando el RPR opera en su condición normal, aproximadamente 326 °C. Además, posee una línea que se inserta en el tanque en la zona de vapor, para poder inyectar solución borada fría (200 °C o menor), lo que permite bajar la presión en el presurizador siguiendo la condición del RPR.

A fin de minimizar las pérdidas de calor al ambiente los tanques presurizadores deberán tener una aislación térmica [22].

En el domo de cada presurizador se ubicará una válvula de seguridad (PSV-10043), que descarga por medio de un distribuidor de vapor en la Pileta de Supresión, suficientemente alejada del pelo de agua y cerca del fondo de esta (ver [26]).

6.3.2.4.3 Resistencias calefactoras 0700-BQ-001 y 0700-BQ-002

Tanto el tanque de almacenamiento como el presurizador del SSE deben estar calefaccionados, para adecuar los fluidos que contienen a los requerimientos de procesos expuestos más arriba.

El método de calefacción adoptado es por medio de resistencias eléctricas blindadas colocadas en contacto con el líquido en cada tanque.

Los servicios que deben cumplir los calefactores son los siguientes:

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 18 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

- 0700-BQ-001: Llevar la temperatura del agua borada del 0700-BR-001, desde temperatura ambiente hasta las 200 °C y controlar la temperatura del 0700-BR-001.
- 0700-BQ-002: Controlar la presión-temperatura en condiciones de equilibrio líquido-vapor del 0700-BR-002.

En [27] se puede encontrar los cálculos realizados de las distintas potencias de calentamiento de dichas resistencias.

6.3.2.4.4 Bombas de Recirculación 0700-AB-001/I/II

La homogeneización de la solución borada es requisito indispensable para asegurar que la alícuota que se extraiga para muestrear sea absolutamente representativa. A tal fin se dispone de dos bombas (0700-AB-001/I/II), una titular y otra a la espera, que toman solución borada del fondo del tanque de almacenamiento (0700-BR-001), sobre la cañería de descarga, por encima de las válvulas de disparo, y la devuelven a la parte superior del mismo tanque de almacenamiento.

Además, estas bombas permiten la inyección de solución borada fría al presurizador para el control de presión en el mismo. En esta operación, parte del caudal es inyectado en el presurizador, a través de una cañería que se introduce por el domo de vapor y parte recirculado al tanque de almacenamiento favoreciendo además la homogenización.

Las bombas, denominadas como 0700-AB-001/I y 0700-AB-001/II, son de desplazamiento positivo, para más información ver referencias [16] y [30].

6.3.2.4.5 Intercambiador 0700-BI-001

El intercambiador 0700-BI-001 es refrigerado con agua del Sistema de Refrigeración de Componentes (Sistema 2100).

Este intercambiador de calor, conjuntamente con una válvula de control de presión (PV-10015), permitirá extraer en forma controlada la solución borada del sistema, hacia el exterior del confinamiento, donde se recogerá la muestra o se almacenará un posible exceso de solución (Sistema 1650), durante la secuencia de calentamiento siendo las condiciones de descarga aproximadamente de 2,25 MPa(a) y 60 °C[14].

Los intercambiadores definidos son de doble tubo concéntrico. Para más detalles ver la hoja de datos correspondiente [17].

6.3.2.4.6 Distribuidor de vapor 0700-BD-001

La cañería de descarga de vapor de las válvulas de alivio del sistema contará con un distribuidor de vapor en el extremo sumergido en la PS. Con el diseño propuesto asegura la condensación del vapor en la PS [35], [36].

Para limitar fuerzas sobre las estructuras, el distribuidor de vapor se debe instalar a una profundidad mínima de 1 m de distancia mínima en relación al fondo y a las paredes de la pileta.

6.3.3 Lay-out

Los equipos se ubicarán en áreas separadas dentro de la contención. Las áreas asignadas corresponden a las denominadas como 2.4.C02 y 2.3.C01, ubicadas en los niveles +10,00 m y +5,20 m, respectivamente.

A continuación, se presenta una tabla resumen con los equipos y la ubicación de los mismos.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 19 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

Tipo de equipo	Tag	Nivel y Recinto	Observaciones
Tanque de almacenamiento de ácido bórico	0700-BR-001	+5,20 m 2.3.C01	N/A
Presurizador	0700-BR-002	+10,0 m 2.4.C02	Ubicado en +10,0 m por encima del 0700-BR-001/II
Bomba de recirculación	0700-AB-001/II	+10,0 m 2.4.C02	N/A
Intercambiador de calor	0700-BI-001	+10,0 m 2.4.C02	N/A
Resistencia calefactora	0700-BQ-001	+5,20 m 2.3.C01	Ubicada en el 0700-BR-001/II
Resistencia calefactora	0700-BQ-002	+10,0 m 2.4.C02	Ubicada en el 0700-BR-002/II
Distribuidor de vapor	0700-BD-001	PS	Min. 1 m desde el fondo de PS

6.3.4 Interacción del sistema con otros sistemas

Este sistema se vincula con los siguientes sistemas de procesos:

- Sistema 2210 (Colección de Corrientes Líquidas y Gaseosas Radioactivas – Distribución Contención)
- Sistema 2100 (Sistema de Refrigeración de Componentes)
- Sistema 1650 (Sistema de producción y almacenamiento de solución de ácido bórico – Sistema 0700)(*)
- Sistema 7540 (Nitrógeno – Producción y Distribución).

(*) La solución de ácido bórico debe ser preparada en un sistema específicamente dedicado a tal fin debido al alto costo del boro enriquecido. Esta facilidad operativa, perteneciente al sistema 1650 (Sistema de producción y almacenamiento de solución de ácido bórico – Sistema 0700) realiza las funciones de stock, recuperación y preparación de soluciones de H_3BO_3 correspondientes al sistema 0700.

6.4 Instrumentación del sistema

6.4.1 Sensores

Ver en el diagrama de cañerías e instrumentos [15].

6.4.2 Válvulas actuadas

Ver en el diagrama de cañerías e instrumentos[15].

6.4.3 Válvulas de seguridad y alivio

Ver en el diagrama de cañerías e instrumentos [15].

6.4.4 Otros instrumentos

Ver en el diagrama de cañerías e instrumentos [15].

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 20 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

6.5 Control del sistema

6.5.1 Protecciones y alarmas

6.5.1.1 Lógicas de enclavamiento

El S0700 dispone de enclavamientos de modo de dar protección al sistema ante situaciones de falla. Los enclavamientos reconfiguran automáticamente el sistema a posición segura. La restitución del mismo a su posición normal se efectúa en forma manual. Las principales lógicas propuestas a nivel conceptual son las siguientes:

- Actuación del segundo sistema de extinción: ante el disparo de alguno de los parámetros del SSPR, se abren las XV-10110, XV-10210, XV-10130 y XV-10230, automáticamente. Las válvulas de disparo XV-10120 y XV-10220 abren 5 segundos después de las restantes mencionadas. Las válvulas que se cierran son: XV-10140, XV-10240 y XV-10050.
- Permisivo para finalizar la actuación del SSE: Se habilita el cierre manual por parte del operador de las válvulas de disparo del sistema: XV-10110, XV-10210, XV-10120, XV-10220, XV-10130 y XV-10230. Se requiere alarma de bajo nivel LAL-10027 y se requiere que los parámetros de disparo hayan vuelto a condiciones de no disparo. Esto es así ya que, en caso de rotura del SSE durante la descarga, la solución borada no ingresará al RPR y es necesario que el reactor se despresurice, por la rotura del SSE, y se auto apague por el coeficiente de vacío negativo característico de un PWR, permitiendo la inyección del SIS, que inyecta una solución borada que evita la re- criticidad tal como se ha descrito en [44].
- Bloqueo a Sistema 1650: Se cierra la XV-10048 a causa de alarma de alta presión PAH-10047.
- Falla del S2100: Se cierran las válvulas de bloqueo del intercambiador del lado de agua de enfriamiento XV-10002 y XV-10004 ante bajo nivel en el tanque compensador 2100-BR-001 I/II.
- Apagado de bomba 0700-AB-001 I: por alta presión a la descarga, PAH-10121, se apaga la 0700-AB-001 I.
- Apagado de bomba 0700-AB-001 II: por alta presión a la descarga, PAH-10221, se apaga la 0700-AB-001 II.
- Apagado de bombas 0700-AB-001 I/II: por bajo nivel LAL-10027, se apagan las 0700-AB-001 I/II.
- Bloqueo de sistema 1650: por bajo nivel LAH-10029, se cierran las válvulas XV-10008/10034.
- Apagado de resistencias: por muy bajo nivel LALL-10029, se apagan las resistencias del sistema.
- Apagado de resistencias: por alta presión en el presurizador PAH-10044, se apagan las resistencias del sistema.

6.5.2 Lógicas de control, operación y monitoreo

A continuación se describe la Filosofía de Operación del SSE, conforme al diagrama de procesos [13] y al diagrama de cañerías e instrumentos [15] donde se describen los principales lazos de control en cada una de las redundancias del SSE como así también la actuación de válvulas y equipos con sus respectivos enclavamientos y requerimientos (ver tabla "Filosofía de Operación del SSE" en ANEXO A):

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 21 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

6.5.2.1 Actuación del SSE

El SSE será actuado por el SSPR de manera automática y también podrá ser actuado por decisión del operador.

Una vez demandado el SSE, se abrirán las válvulas de ecualización de presión ubicadas en la línea de vapor XV-10110 y XV-10210 y las válvulas de bloqueo de descarga XV-10130 y XV-10230. Y, luego de un tiempo pequeño, las válvulas de descarga que inyectan la solución borada al RPR, XV-10120 y XV-10220.

La señal proveniente del SSPR, también actúa cerrando las válvulas de la recirculación de solución borada XV-10140, XV-10240 y XV-10050.

6.5.2.2 Control de temperatura en 0700-BR-001

- **Operación normal**

En operación normal del reactor, el lazo de control TIC-10042 actúa sobre las 0700-BQ-001 de manera on-off con una banda de $200\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este lazo de control se habilita cuando la temperatura en el RPR sea superior a $240\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nota: En operación normal del reactor, el enfriamiento de la solución borada es por transferencia con el ambiente debido a la ineficiencia en la aislación térmica.

- **Transitorios de arranque o parada del reactor**

Durante el arranque, el control de temperatura y de presión del Sistema 0700 se habilitan cuando el reactor llegue al estado operativo de PCAMN. Previo a este estado, a través de un procedimiento operativo, se debe atemperar el 0700-BR-001 y presurizar el 0700-BR-002 para que cuando el reactor alcance el estado de PCAMN, el sistema 0700 se encuentre en condiciones de ser habilitado.

Cuando la temperatura del Reactor sea menor a $240\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el sistema 0700 se encuentre habilitado, el control TIC-10042 debe mantener el tanque acumulador a una temperatura de entre $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ (banda inferior) y $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (banda superior) inferior a la Temperatura del RPR con un control on-off de la resistencia y con un set point variable (deslizante).

Durante los transitorios de parada del reactor, es decir, una pendiente de temperatura negativa en el RPR, el operador debe habilitar la secuencia de enfriamiento de la solución borada a través del HS-20005, donde se habilitan las válvulas XV-10008, XV-10034, XV-10018, XV-10017 y las válvulas de la línea de refrigeración XV-10002, XV-10004. Luego se enciende la bomba 0700-AB-001/I (0700-AB-001/II) para realizar la refrigeración de la solución de boro por medio del intercambiador de calor 0700-BI-001.

Nota 1: Durante el enfriamiento, el control se realiza por medio de las resistencias calefactoras para contrarrestar el exceso de enfriamiento realizado por los intercambiadores de calor, lo cual produciría una pendiente de enfriamiento mayor a $30\text{ }^{\circ}\text{C/h}$.

Nota 2: Durante el comisionado del Sistema se deberá regular el caudal, que debe pasar por el FO-10033, para que ronde entre $270\text{ kg/h} - 400\text{ kg/h}$, aproximadamente.

6.5.2.3 Control de homogenización:

Se define un control on-off de la función de homogenización dependiente de la temperatura del fluido en la cañería de descarga de los acumuladores. De esta manera cuando la temperatura descienda de un valor dado, leído por TE-10026, se procederá a la homogenización de la solución.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 22 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

Esta operación también puede ser activada manualmente por el operador mediante HS-20001 en sala de control la siguiente lógica configurada en el SCM:

1. Se abre las válvulas de la línea de entrada al tanque acumulador: XV-10008 y unos segundos después se enciende la bomba principal.
2. Se procede a la homogeneización de la solución de ácido bórico, mediante su recirculación al tanque acumulador por 30 minutos.
3. Luego del tiempo de recirculación se apaga la bomba y se cierra la válvula XV-10008, quedando el sistema correctamente homogeneizado.

Nota: Durante el comisionado del sistema se deberá regular la presión de descarga de las bombas 0700-AB-001 I/II empleando la válvula VGM-044. La presión de descarga se debe regular para el buen funcionamiento de las bombas de desplazamiento positivo y el rango de presión óptimo será definido por el proveedor de estas.

6.5.2.4 Control de presión del presurizador:

El control de presión del presurizador, PIC-10041 que actúa sobre las 0700-BQ-002 de manera on-off. El valor de set-point es la presión consigna del RPR con una banda de operación de $\pm 0,05$ MPa.

En caso de que se requiera bajar la presión en el presurizador de forma manual se debe:

1. Activar la secuencia de homogenización mediante el HS-20001, ver 6.5.2.3.
2. Abrir la válvula que inyecta solución borada por medio de una línea que ingresa por el domo de vapor del presurizador XV-10034.
3. Cuando se alcance la presión deseada en el presurizador se cierra la válvula XV-10034.

Nota: Durante el comisionado del sistema se deberá regular el caudal que circula por el presurizador empleando la válvula VGM-047. El rango de caudal aceptable es 270 – 400 kg/h. Es importante que el caudal se encuentre en ese rango ya que si no se puede generar enfriamiento excesivo/deficiente en el presurizador y no será posible seguir la presión consigna del reactor.

6.5.2.5 Tomamuestra de la solución de ácido bórico

En caso de que se requiera tomar una muestra de la solución borada primero se debe activar la secuencia de homogenización mediante el HS-20001 (ver 6.5.2.3.) y una vez que finalice, se debe activar la secuencia de Tomamuestra de solución de ácido bórico mediante el HS-20002:

1. Se abren las válvulas de agua de enfriamiento XV-10002/10004, lo que permite el paso de agua de enfriamiento a través del intercambiador 0700-BI-001.
2. Se abren las válvulas de habilitación de tomamuestra XV-10024/10013 y se habilita el control modulante de PV-10015.
3. Una vez realizada la toma, se cierran las válvulas mencionadas en el punto anterior.
4. En caso de haber disminuido el nivel en el presurizador hasta alcanzar la alarma de bajo o muy bajo nivel, se procederá al llenado de este hasta su nivel normal mediante la carga con solución almacenada en el S1650.

6.5.2.6 Control de volumen

El control del volumen en operación normal del tanque presurizador 0700-BR-002 se realiza de manera manual y se emplea la medición de nivel LT-10029 para definir la acción que debe realizar el operador.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 23 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

- Reposición de solución

Los tanques 0700-BR-001/002 se van vaciando en operación normal debido a la operación de tomamuestra, descrita en 6.5.2.5. Cuando se activa la alarma de bajo nivel LAL-10029 (870 mm) le indica al operador proceder con la operación de reposición de nivel y debe realizar las siguientes acciones:

1. Previo a recargar solución se debe inhibir la homogenización automática TAL-10026.
2. Abrir la válvula XV-10008.
3. Encender bomba 1650-AB-004/I (1650-AB-004/II) que inyecta solución de ácido bórico al 4% p/p de boro al tanque acumulador 0700-BR-001. Previo a esta operación se debe verificar que el Sistema 1650 se encuentre alineado para esta operación.
4. Detener el llenado al llegar al nivel normal de operación 970 mm.
5. Activar nuevamente la homogenización automática TAL-10026.
6. Llenado

- Extracción de solución

Se prevé que durante el arranque del sistema debido a la expansión térmica de la solución durante el calentamiento se eleve el nivel por encima del alto nivel LAH-10029 (1070 mm). Esta alarma le indica alarma al operador proceder con la operación de extracción de solución.

Previo a realizar el vaciado parcial de solución se debe confirmar que el sistema 1650 se encuentra disponible para recibir inventario del 0700 y alineado para tal operación. Confirmado lo anterior, se debe activar la secuencia de Tomamuestra de solución de ácido bórico mediante el HS-20002:

1. Se abren las válvulas de agua de enfriamiento XV-10002/10004, lo que permite el paso de agua de enfriamiento a través del intercambiador 0700-BI-001.
2. Se abren las válvulas de habilitación de tomamuestra XV-10024/10013 y se habilita el control modulante de PV-10015.
3. Detener la extracción al llegar al nivel normal de operación 970 mm.
4. Cerrar las válvulas mencionadas en el punto 2 y 1.

6.5.2.7 Prueba de las válvulas de disparo en la línea descarga del SSE

Estado inicial: las XV-10120/10220 se encuentran cerradas evitando que la solución borada ingrese en el RPR. Las XV-10130/10230, se encuentran abiertas.

Esta prueba se realiza de a una válvula de disparo a la vez con la finalidad de no perder la disponibilidad del sistema.

Secuencia de operación para prueba de la XV-10120

El operador deberá activar mediante HS-20003 en sala de control la siguiente lógica configurada en el SCM:

1. Se cierra la XV-10130.
2. Se abre la XV-10120.
3. Se observa el encendido del switch de posición alta de la XV-10120.
4. Una vez verificado el punto 3, se cierra la XV-10120. Se verifica mediante switch de posición baja, el cerrado de dicha válvula.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 24 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

5. Se procede a abrir la XV-10130.

Secuencia de operación para prueba de la XV-10220

El operador deberá activar mediante HS-20004 en sala de control la siguiente lógica configurada en el SCM:

6. Se cierra la XV-10230.
7. Se abre la XV-10220.
8. Se observa el encendido del switch de posición alta de la XV-10220.
9. Una vez verificado el punto 3, se cierra la XV-10220. Se verifica mediante switch de posición baja, el cerrado de dicha válvula.
10. Se procede a abrir la XV-10230.

6.5.2.8 Vaciado total de los tanques presurizador y de almacenamiento de solución borada

En caso de que se requiera realizar operaciones de mantenimiento en la instrumentación de los tanques o inspecciones de estos, se deben vaciar los mismos.

Antes de trasvasar la solución borada al sistema 1650 se debe confirmar que el sistema 1650 se encuentra en condiciones para almacenar todo el inventario del sistema 0700 y además la solución se debe encontrar fría (menor a 90 °C), con el modo enfriamiento en funcionamiento. Para más información del enfriamiento de la solución ver 6.5.2.2 "Transitorios de arranque o parada del reactor", punto b).

Un operador debe realizar las siguientes maniobras manuales desde sala de control y otro desde campo:

1. Se conecta la ESP-008 con la ESP-012 para permitir el ingreso de nitrógeno. Se abren las válvulas manuales VEM-050 y la VFM-057.
2. Para empezar a trasvasar al sistema 1650, se debe verificar que este habilitado el control de presión PIC-10015 y abrir válvula XV-10013.
3. Vaciar el tanque hasta alarma de bajo nivel LAL-10027. Luego cerrar válvula XV-10013.
4. Una vez realizado el vaciado, se debe apagar la bomba en funcionamiento. Se deben cerrar las válvulas XV-10122/10139 (XV-10222/10239) y XV-10018. Se debe abrir la válvula XV-10024 y se debe continuar con el vaciado unos minutos más.
5. Se debe cerrar la válvula XV-10013 y proceder a desconectar la línea de nitrógeno.

6.5.2.9 Carga del SSE

Luego de cada vaciado total de los tanques, previo al arranque del reactor se deben llenar los tanques con solución borada.

El estado inicial de la válvula ubicada en la línea de ingreso de solución borada proveniente del S1650, XV-10050 debe estar abierta y la válvula que habilita el llenado de los tanques XV-10008, también debe estar abierta. Todas las demás válvulas deberán estar cerradas.

Con la configuración de válvulas recién mencionada el tanque 0700-BR-001 se encuentra bloqueado.

El sistema 1650 debe encontrarse configurado y disponible para el comienzo de la operación de llenado de los tanques de SSE [25].

Un operador deberá realizar las siguientes maniobras manuales desde sala de control y otro desde campo:

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 25 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

1. Con la finalidad de disminuir la concentración de oxígeno, se conecta la ESP-010 con la ESP-013 y se abren las XV-10131 y XV-10231. Luego se abren la VEM-006 y la VFM-058 para permitir el ingreso de nitrógeno.
2. Luego de 5 minutos de barrido se cierran las válvulas manuales VEM-006 y la VFM-058 (VFM-109).
3. Se abren las válvulas de ingreso de solución borada proveniente del S1650 [24][25] con lo que se empiezan a cargar los tanques con la solución borada permitiendo el desalojo del nitrógeno.
4. Una vez que se llega a la alarma de bajo nivel LAL-10029, se para la carga de ácido bórico y se abren las válvulas de la línea de homogenización y enfriamiento para llenar todo el sistema con solución borada: XV-10140/10240/10122/10222/10139/10239/10018/10017/10024/10034.
5. Se abren las válvulas manuales de los puntos altos, por pocos segundos, para purgar los no condensables de líneas y equipos.
6. En caso de ser necesario se debe completar el nivel con solución borada hasta la alarma de bajo nivel LAL-10029.
7. Se encienden las resistencias 0700-BQ-001/002. Se cierra la válvula XV-10024 y se abren las válvulas de agua de enfriamiento XV-10002/10004.
8. Se enciende primero la bomba 0700-AB-001/II (0700-AB-001/I) por 10 minutos, se apaga y se deja bloqueada cerrando las XV-10222/10239 (XV-10122/10139) y también se cierran las válvulas XV-10018/10017.
9. Se enciende la bomba 0700-AB-001/I (0700-AB-001/II) y se procede a la homogeneización de la solución de ácido bórico hasta que la presión en el presurizador llegue a 0,3 MPa-a.
10. Para terminar de purgar los no condensables se dejan abiertas las válvulas XV-10131/10231 por 2 minutos. Luego se cierran y se apagan las resistencias 0700-BQ-001/002.
11. Se sigue homogenizando 10 minutos. Luego se apaga la bomba y se cierran las válvulas XV-10034/10008/10002/10004.

Nota 1: en el paso 8 y 9 se deja como principal la bomba 0700-AB-001/I y entre paréntesis se encuentran los componentes para dejar como principal la bomba 0700-AB-001/II.

Nota 2: Existe la alternativa de purgar los no condensables con una bomba de vacío a través de la conexión ESP-008.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 2 Página: 26 de 29
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

7. CONCLUSIONES, OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- El sistema se diseñó siguiendo los lineamientos de [7], [8], [9], [10], [11], [45] y de acuerdo con normativa [5].
- Un circuito de inyección de solución de ácido bórico asegura el cumplimiento de la función de seguridad asignada.
- Se utiliza como veneno neutrónico solución 4%p/p de ácido bórico (BO_3H_3) enriquecido 96% en B^{10} .
- El principio básico de funcionamiento del SSE consiste en la descarga de solución borada de forma gravitatoria desde tanques elevados.
- El sistema posee una facilidad operativa (Sistema 1650: Sistema de producción y almacenamiento de solución de ácido bórico – Sistema 0700) para preparación, recuperación, recepción e inyección de solución borada a los tanques de almacenamiento.

7.2 OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES

Durante las pruebas preliminares del sistema deberá ajustarse el tamaño del orificio FO-10025 para verificar el tiempo de inyección de solución previsto por diseño del sistema.

8. REGISTROS

No aplicable.

9. ANEXOS

ANEXO A: Tabla “Filosofía de Operación del SSE”.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-37-r2

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 1 Página: 27 de 29

ANEXO A: Tabla “Filosofía de Operación del SSE”

LÓGICA DE OPERACIÓN SISTEMA 0700						TAG	Descripción	Actuación	PDI-CAREM25XT-	Nota
XV-10050	Bloqueo Ac. Bórico	Abierta	79	Nota 14						
XV-10008	Bloqueo homogenización de tanque 0700-BQ-001	Abierta	79							
XV-10034	Bloqueo control de presión de la toque 0700-BQ-002	Abierta	79							
XV-10140	1° Bloqueo sistema de acondicionamiento de ácido bórico	Cerrada	79							
XV-10240	2° Bloqueo sistema de acondicionamiento de ácido bórico	Abierta	79	Nota 14						
XV-10212	Bloqueo succión de bomba 0700-AB-001	Cerrada	79							
XV-10222	Bloqueo succión de bomba 0700-AB-001 II	Abierta	79							
XV-10024	Bloqueo de enfriamiento y muestreo de ácido bórico	Cerrada	79							
XV-10017	2° Bloqueo de recirculación para enfriamiento/homogenización de ácido bórico	Abierta	79							
XV-10018	1° Bloqueo de recirculación para enfriamiento/homogenización de ácido bórico	Cerrada	79							
XV-10339	Bloqueo descarga de bomba 0700-AB-001	Abierta	79							
XV-10239	Bloqueo descarga de bomba 0700-AB-001 II	Cerrada	79							
XV-10013	Bloqueo de toma muestra de ácido bórico y de contención	Abierta	79							
XV-10048	Bloqueo salida a sistema 1025	Cerrada	79							
XV-10210	1° Válvula de escape (descarga) Segundo Sistema de Extinción	Abierta	79	Nota 9, 14						
XV-10220	2° Válvula de escape (descarga) Segundo Sistema de Extinción	Cerrada	79	Nota 9, 14						
XV-10330	1° Válvula de bloqueo (descarga) Segundo Sistema de Extinción	Abierta	79	Nota 14						
XV-10230	2° Válvula de bloqueo (descarga) Segundo Sistema de Extinción	Abierta	79	Nota 14						
XV-10110	1° Válvula de equalización Segundo Sistema de Extinción	Abierta	79	Nota 14						
XV-10210	2° Válvula de equalización Segundo Sistema de Extinción	Cerrada	79	Nota 14						
0700-AB-001/I	Bomba de recirculación de ácido bórico	Prendido	79	Notas 3						
0700-AB-001/II	Bomba de recirculación de ácido bórico	Apagado	79	Notas 4						
0700-BQ-002	Resistencia calefactora del presurizador	Prendido	79							
0700-BQ-001	Resistencia calefactora acumulador de Ac. bórico	Apagado	79	Nota 6						
XV-10331	1° Válvula de venteo de presurizador 0700-BQ-002	Cerrada	79							
XV-10231	2° Válvula de venteo de presurizador 0700-BQ-002	Abierta	79							
XV-10002	Válvula de bloqueo entrada agua de enfriamiento a 0700-BQ-001	Cerrada	79							
XV-10004	Válvula de bloqueo salida agua de enfriamiento a 0700-BQ-001	Abierta	79							
PV-10015	Control de presión de línea hasta 1550	Abierta	79	Nota 9						
HS-20001	Habilitación secuencia de homogenización de solución de ácido bórico	Abierta	79							
HS-20002	Habilitación secuencia de toma muestra de solución de ácido bórico	Cerrada	79							
HS-20003	Habilitación secuencia de prueba de XV-10210	Abierta	79							
HS-20004	Habilitación secuencia de prueba de XV-10220	Abierta	79							
HS-20005	Habilitación secuencia de enfriamiento de solución de ácido bórico.	Cerrada	79							

MATRIZ CAUSA EFECTO					
Causa	Prioridad (Nota 2)	PDI-CAREM25XT-	TAG	Set de operación / actuación	Notas
Enclavamientos particulares del sistema					
Actuación Segundo Sistema de Extinción	1	79	SSPR	N.A	Causas externas al sistema 0700. Actuación SSPR o pulsador por decisión del operador.
Permisivo para finalizar actuación del SSE	2	79	LAL-10027 + Timer de 30 segundos.		Nota 13
Alta presión hacia 1650	2	79	PAH-10047	2,7 Mpa	
Bajo nivel en tanque compensador del S2100	2	79	2100-LAL-31032 Y 2100-LALL-31033 o 2100-LAL-32032 Y 2100-LALL-32033		
Alta presión descarga de bomba 0700-AB-001 I	2	79	PAH-10121	13,7 Mpa-a	
Alta presión descarga de bomba 0700-AB-001 II	2	79	PAH-10221	13,7 Mpa-a	
Bajo nivel en tanque acumulador	2	79	LAL-10027	200 mm	
Bloqueo de sistema 1650	2	79	LAH-10029	1070 mm	
Muy bajo nivel en presurizador	1	79	LALL-10029	685 mm	Nota 13
Alta presión en presurizador	1	79	PAH-10044	13,05 Mpa-a	Nota 13

LOGICA DE OPERACIÓN																									
Acción / Estado operativo		Prioridad (Nota 2)	Secuencia (Nota 8)	PDI-CAREM25XT	Iniciador	Notas																			
Estado inicial del sistema operación normal																									
Condiciones a la Espera																									
Tanque acumulador	4	1	79	TIC-10042: Set 200 °C - 3 °C	T de RPR > 240 °C. Banda inferior																				
	4	2	79	TIC-10042: Set 200 °C + 3 °C	T de RPR > 240 °C. Banda superior																				
Presurizador	4	1	79	PIC-10041: Set P de RPR + 0,05 MPa	T de RPR > 240 °C. Banda inferior.																				
	4	2	79	PIC-10041: Set P de RPR - 0,05 MPa	T de RPR > 240 °C. Banda superior.																				
Resistencias eléctricas durante Arranque y parada del reactor. Nota 11																									
Encendido de 0700-BQ-001	3	1	79	TIC-10042: Set T de RPR - 45 °C	60 °C <T de RPR < 240 °C. Banda superior. Nota 7																				
Apagado de 0700-BQ-001	3	2	79	TIC-10042: Set T de RPR - 40 °C	60 °C <T de RPR < 240 °C. Banda inferior. Nota 7																				
Encendido de 0700-BQ-002	3	1	79	PIC-10041: Set P de RPR + 0,05 MPa	190 °C <T de RPR < 240 °C. Banda inferior. Nota 7																				
Apagado de 0700-BQ-002	3	2	79	PIC-10041: Set P de RPR - 0,05 MPa	190 °C <T de RPR < 240 °C. Banda superior. Nota 7																				
Rampa de enfriamiento del RPR																									
Comienzo secuencia de enfriamiento	3	1	79		Desición del operador	Pulsador 0700-HS-20005 + T de RPR < 240 °C.																			
Alineación de válvulas	3	2	79		Fin de secuencia anterior																				
Encendido de bomba	3	3	79		Fin de secuencia anterior																				
Fin secuencia de enfriamiento	3	4	79		Desición del operador	Pulsador 0700-HS-20005.																			

6

6

CNEA	Segundo Sistema de Extinción	MD-CAREM25XT-37 -B0700 Rev.: 1 Página: 29 de 29
------	------------------------------	----------------------------------------------------------

Referencias:
AD: Agua desmineralizada
AB: Agua borada
A: Abre
C: Cierra
X: Actuación (Prende /Apaga) según corresponda el casillero.
M: Control modulante (M1, M2, etc) Indican distintos controles o sets de operación)
V: Indican un valor fijo al elemento final de control.
T: Timer para actuación luego del evento (Se indica T1, T2, etc)
H: Habilita actuación manual del operador.

Notas:
1) Casilleros en blanco significa que es indistinto la posición de la válvula o estado del equipo para esa operación, teniendo en consideracion los niveles de prioridad.
2) Niveles de prioridad. Cualquier evento de mayor prioridad (Menor numero de identificación) inhibe cualquier acción contraria causada por otro evento de menor prioridad (Mayor número de identificación). Eventos de igual prioridad no pueden producir efectos contrarios sobre el mismo elemento final de control.
3) Para proteger la bomba, la misma se apagará (o no podrá prender) si al menos uno de los siguiente grupos de válvulas no tiene todos sus switch de posición abierta activado (ZSH): (XV-10140 ; XV-10240; XV-10122; XV-10139; XV-10050; XV-10008)
4) Para proteger la bomba, la misma se apagará (o no podrá prender) si al menos uno de los siguiente grupos de válvulas no tiene todos sus switch de posición abierta activado (ZSH): (XV-10140 ; XV-10240; XV-10222; XV-10239; XV-10050; XV-10008)
5) Las lógicas indicadas en notas 3 y 4, permiten que las bombas se apaguen automaticamente cuando las válvulas no estén alineadas correctamente, y a la vez permite que la bomba siga funcionando en caso que otro evento simultaneo (compatible con el anterior) esté actuando y demandando el funcionamiento de la bomba, ya que al estar las válvulas alineadas para dicho evento, la bomba no se apagará.
6) El funcionamiento de las resistencias 0700-BQ-001 en control On-Off.
7) El control de temperatura y presión se habilita cuando el reactor se encuentre en el estado operativo PCAMN. Condiciones de estados operativos a ser confirmados durante las siguientes revisiones del documento MD-CAREM25R-13: Estados Operativos del Reactor CAREM.
8) Número de secuencia automática. Cada paso en la secuencia es precedida por el paso anterior conforme se cumpla el requisito de la columna "iniciador".
9) Tabla de Sets de controles modulantes y rampas de actuación.

TAG	DESCRIPCION	SET	
		INICIO	FIN
M1	Control de presión en línea a S1650	Set: Presión de salida 2,25MPa(a)	
V2	Apertura mínima de PV-10015	5%	
T1	Timer: 5 segundos		
T2	Timer: 10 segundos		

10) Ver efectos detallados sobre los componentes del sistema 1650 en el documento "Filosofía de operación del sistema 1650"
11) Durante la ingeniería de detalle se analizará si es conveniente utilizar la indicación de rampa de calentamiento/enfriamiento en base a la variación de temperatura del RPR o si es aconsejable utilizar otra señal del estado de Reactor que sea equivalente a estas para realizar la lógica de control esperada.
13) A ser analizado en ingeniería de detalle:
13.1) La deshabilitación del sistema será realizada por llaves manuales individuales. En caso de deshabilitación se deberá analizar el paro del reactor.
13.2) En caso de actuación y disparo del sistema, los lazos de control de presión, nivel y temperatura del 0700-BR-001 y 0700-BR-002, se deshabilitan.
13.3) En caso de disparo del sistema, las válvulas de disparo y equalización podrán ser cerradas en forma manual luego de un tiempo determinado (a definir) de ocurrido el disparo. Esto permitirá la recarga del sistema en caso que el operador lo considere necesario.
14) Válvula conectada al SSPR (Segundo Sistema de Protección del Reactor).